



Caracterização de absorvedores sonoros naturais por meio de medidas adquiridas por um dispositivo de baixo custo

Palavras-Chave: resistividade ao fluxo de ar, acústica, eco-materiais

Autores:

Lucas Carlquist Rabelo de Araujo – FEM - UNICAMP

Prof. Dr. Alberto Luiz Serpa (orientador) – DMC – FEM - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A resistividade ao fluxo de ar é um parâmetro não acústico muito utilizado para determinar características acústicas dos materiais [6], sendo importante para a determinação de coeficiente de absorção sonora, tortuosidade e outras características acústicas. A ISO 9053 [1] se refere a dois métodos para determinar a resistividade ao fluxo de ar: o método de fluxo direto e fluxo alternado.

O primeiro método é descrito pela norma como a medida da queda de pressão de um fluxo contínuo unidirecional que atravessa uma amostra circular ou retangular, já o segundo método é a medida da componente alternada da pressão de um fluxo de ar lento que atravessa uma amostra circular ou retangular.

Este trabalho tem o objetivo de caracterizar materiais acústicos ecológicos a partir da sua resistividade ao fluxo de ar mensuradas primeiramente em um dispositivo AcoustiFlow® da Acoustic Engineering Dresden que realiza as medições se baseando no fluxo direto de ar e na sequência em um dispositivo de baixo custo desenvolvido em iniciação científica anterior por este mesmo aluno que se fundamenta no método do fluxo alternado.

Além da caracterização do material, haverá a validação do dispositivo de baixo custo em comparação com a máquina comercial adquirida pelo Departamento de Mecânica Computacional da Universidade Estadual de Campinas.

METODOLOGIA:

A norma ISO 9053 descreve dois métodos para a obtenção da resistividade ao fluxo de ar de uma amostra: o método direto e o método alternativo. O primeiro se resume na utilização de um fluxo contínuo de ar através de um material e a partir da diferença das pressões antes e depois da amostra é calculada a resistividade ao fluxo de ar. O segundo método, foco deste trabalho, é descrito pelo uso de um fluxo alternado de ar, gerado por uma estrutura com movimento oscilatório,

possibilitando assim gerar uma curva de movimento alternante de pressão sonora. O esquema deste método é ilustrado na Figura 1.

O dispositivo de baixo custo desenvolvido em iniciação científica consiste em um tubo de acrílico de 4 polegadas de diâmetro externo, biapoado, cujos apoios são os suportes para a amostra e entrada do pistão oscilatório respectivamente. Lateralmente, há um microfone montado, adquirido para este dispositivo, modelo *BSWA Technology Co. MPA 426*, sendo ele de baixo custo de 1/4' mas e que não possui características de infrassom. Sua conexão é feita com cabos BNC para SMB .

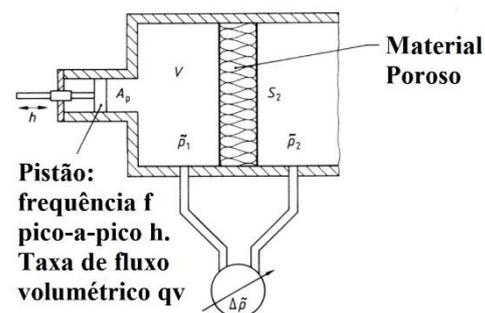


Figura 1 – Esquema da medição da resistividade ao fluxo de ar por meio do método alternativo. Fonte: ISO 9053

Já o oscilador utilizado é um LDS 201, cujo intervalo de frequência de oscilação se inicia em 5 Hz, a massa oscilatória corresponde a 20 g e seu deslocamento pico-a-pico é de 5 mm. Uma imagem do dispositivo está na Figura 2.

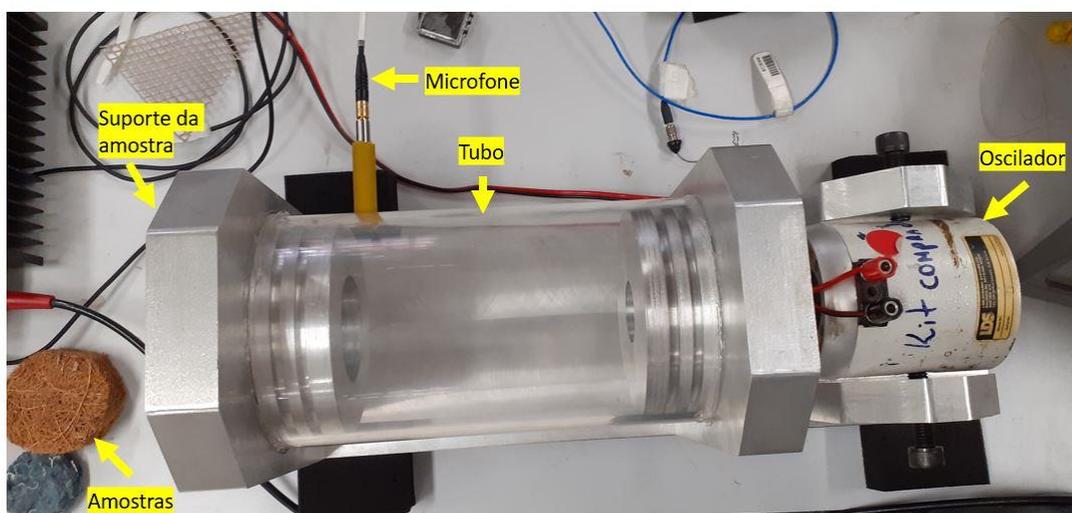


Figura 2 – Dispositivo de baixo custo desenvolvido em iniciação científica

O funcionamento do dispositivo caseiro consiste nas seguintes conexões:

- Potenciômetro ao oscilador, para fornecer a energia para o oscilador operar;
- Osciloscópio ao potenciômetro, para definir com precisão a frequência utilizada na oscilação;
- Microfone e acelerômetro ao LMS para obter por meio dos canais do aparelho os inputs de aceleração e pressão sonora.

O LMS é uma solução de software da empresa *Siemens* para aquisição de dados de diversas sensores elétricos, como leitura de pressão sonora, aceleração, temperatura, luminosidade etc. Após as conexões feitas, foi configurado no osciloscópio uma frequência de 11 Hz, que na prática gerava menos ruído no funcionamento do oscilador do que frequências próximas maiores ou menores que este valor.

A troca das amostras foi feita com o aparelho em funcionamento para evitar que novos setups do software e do osciloscópio gerassem maior divergência na frequência e movimentação do oscilador. Sendo assim, houve a tentativa de manter as condições de todas as medições iguais.

Para cada amostra foi obtida uma curva média (a partir de 5 medidas) de aceleração do osciloscópio e de pressão sonora ao longo do tempo. A curva de aceleração foi utilizada para determinar a amplitude da velocidade do fluxo de ar que atravessa a amostra, supondo que a velocidade do ar seja a mesma do oscilador. Já da curva de pressão sonora foi obtido o valor pico-a-pico da pressão como variação da pressão. A partir deste valores, foi obtido a resistividade do fluxo de ar σ com a seguinte equação:

$$\sigma = \frac{\Delta P}{Ud}$$

onde ΔP é o valor da variação da pressão sonora, U é a velocidade do fluxo a partir da aceleração do oscilador e d é a espessura da amostra. A resistividade ao fluxo do ar é dada em $Pa.s/m^2$. Sabendo que em um movimento harmônico tem-se que a posição X em um determinada frequência f e tempo t é dada por:

$$X = A \sin(2\pi ft)$$

Já a velocidade U é a derivada da expressão da posição no tempo resultando em:

$$U = 2\pi f A \cos(2\pi ft)$$

Enquanto que a aceleração também derivada no tempo mas neste caso da velocidade, resulta em:

$$a = -4\pi^2 f^2 A \sin(2\pi ft)$$

Tem-se que, a partir do valor da amplitude da aceleração, $4\pi^2 f^2 A$, é possível calcular a amplitude da posição A , e consequentemente a amplitude da velocidade $2\pi f A$.

Como método de comparação e validação do dispositivo foi utilizado um aparelho comercial da *AcoustiFlow*®, mostrado na Figura 3. Neste esquema, a amostra é inserida na parte superior do tubo, enquanto que há uma fluxo volumétrico que atravessa a amostra. Durante o experimento, um software faz os cálculos automáticos das características do material.

Os materiais utilizados neste trabalho foram: fibra de coco, lã de vidro, lã de rocha e melamina. Foram preparadas as amostras para o diâmetro de 100 mm, no caso de uso no dispositivo comercial, e 40 mm no dispositivo caseiro. Suas dimensões de espessura estão especificados na Tabela 1.

Na próxima sessão, serão discutidos estes resultados obtidos, utilizando ambos os dispositivos comercial e caseiro.

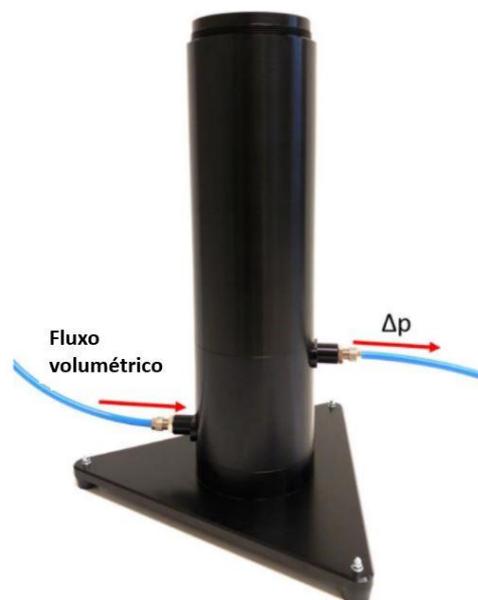


Figura 3 – Dispositivo comercial para medição da resistividade ao fluxo de ar.

Medidas de espessura das amostras utilizadas	
Amostra	Espessura (mm)
Lã de vidro	25
Lã de rocha	25
Melamina	25
Fibra de coco	50

Tabela 1 – Espessuras das amostras utilizadas nos dispositivos comercial e caseiro

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Como na solução comercial, os resultados são apresentados instantaneamente, eles estão presentes na Tabela 2 junto com os resultados experimentais do dispositivo caseiro. Para a amostra de fibra de coco, as curvas geradas pelo LMS estão mostradas na Figura 4, como exemplo.

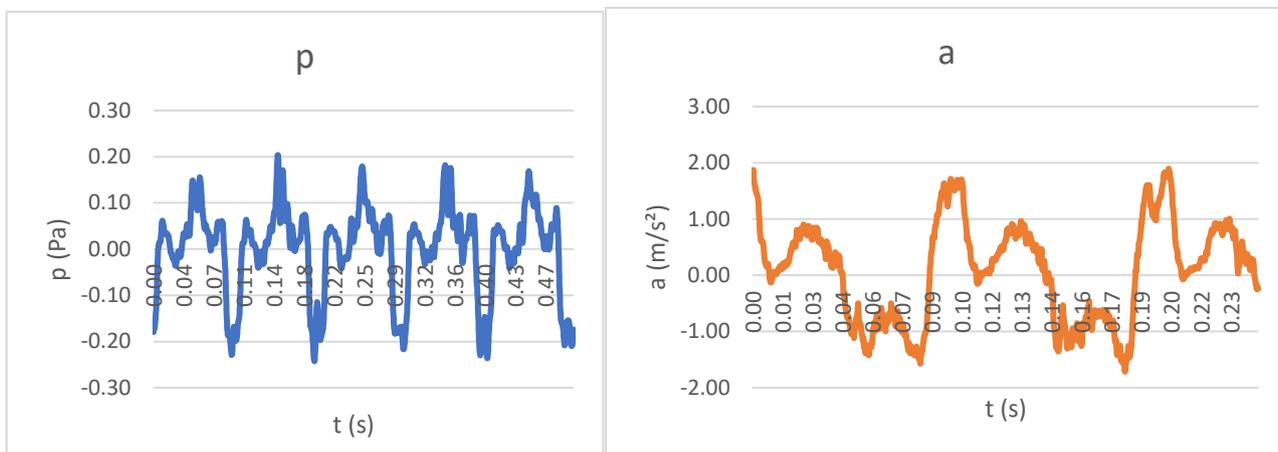


Figura 4 – Curvas de pressão sonora e aceleração do oscilador para a amostra de fibra de coco

Com estes resultados, foi possível obter o valor de $\Delta P = 0.407 Pa$ e $U = 3.11 cm/s$. Sendo que a máquina oscilou à $f = 10 Hz$. Assim, obtem-se que para fibra de coco, $\sigma = 262 Pa.s/m^2$. Do mesmo modo, a Tabela 2 mostra os resultados do experimento, comparando a solução comercial e a caseira, por meio do Delta definido como:

$$\Delta = \frac{\sigma_{comercial} - \sigma_{caseira}}{\sigma_{comercial}} \times 100\%$$

Amostra	Solução comercial (Pa.s/m ²)	Solução caseira(Pa.s/m ²)	Delta
Fibra de coco	341.6	287.8	15.8%
Lã de vidro	5206.4	5145.2	1.2%
Lã de rocha	37487	34171.0	8.8%
Melamina	8620.9	8932.7	-3.6%

Tabela 2 – Comparação dos resultados da medições na solução comercial e caseira

Nota-se que houve diferença entre as medições nas duas soluções e isto foi atribuído aos vazamentos de ar no dispositivo de baixo custo, o que resulta em uma valor menor de resistividade ao fluxo de ar. Além disso, a pressão sonora medida também engloba o som ambiente e o som da movimentação e conseqüente atrito do oscilador com o suporte do tubo de acrílico. O detalhe desta associação de peças está mostrado na Figura 5. Uma solução para este caso seria lubrificar o contato entre as partes e calibrar o posicionamento relativo entre as peças com o intuito de garantir o movimento deslizante na direção correta, onde o eixo do pistão coincida com o eixo do furo do suporte.



Figura 5 – Detalhe do contato do pistão com o suporte do tubo. Este atrito pode ter gerado distorções na medida da pressão sonora

CONCLUSÕES:

Ao menos para criar uma classificação entre as amostras, em relação à resistividade ao fluxo de ar, a solução de baixo custo atendeu às expectativas. Além disso, alcançou níveis satisfatórios de medição, visto que na literatura, há muita imprecisão das medidas deste parâmetro, entretanto este trabalho mostrou boa consistência entre medidas de uma mesma amostra em aparelhos diferentes.

Ainda serão necessários ajustes no dispositivo caseiro envolvendo vazamentos de ar em sua montagem para melhorar sua acurácia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO 9053, Acoustics - Materials for Acoustical Applications - Determination of Airflow resistance, 1991.
- [2] J. Alba, J. Arenas, R. del Rey, and J. Ramis. Evaluation of two alternative procedures for measuring airflow resistance of sound absorbing materials. *Archives of Acoustics*,38(4):547–554, 2013.
- [3] J. Alba, J. Arenas, R. del Rey, and J. Rodriguez. An electroacoustic method for measuring airflow resistivity of porous sound-absorbing materials. *Applied Acoustics*,150(1):132–137, 2019.
- [4] S. Bahl,R. Cambow,and A. K. Bagha. An experimental study to measure the acoustical properties of natural fibers at real case broadband excitations. *MaterialsToday: Proceedings*, 2020.
- [5] M. Caniato, G. K. O. D'Amore, and J. K. A. Gasparella. Sound absorption performance of sustainable foam materials: Application of analytical and numerical tools for the optimization of forecasting models. *Applied Acoustics*, 161(2):45–66, 2020.
- [6] R. Dragonetti, C. Ianniello, and R. A. Romano. Measurement of the resistivity of porous materials with an alternating air-flow method. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129(2):753–764, 2011.
- [7] M. Garai and F. Pompoli. A european interlaboratory test of airflow resistivity measurements. *Acta Acustica United with America*, 2003.
- [8]P. Soltani, E. Taban, M. Faridan, S. E. Samaei, and S. Amininasab. Experimental and computational investigation of sound absorption performance of sustainable porous material: *Yucca gloriosa* fiber. *Applied Acoustics*, 157(2):105–116, 2019.
- [9] M. Volker and S. Martin. Measurement of airflow resistance by the alternating flow method. *Euronoise*, Heraklion, Crete - Greece, 2018